

En analyse av VA-ledningers innbyrdes plassering i grøft

Jan Aug. Myhrstad og Ivar Urke

Forfatterne er ansatt i det Rådgivende ingeniørfirma, Sivilingeniør Elliot Strømme A/S.

INNLEDNING

Dagens praksis vedrørende ledningers innbyrdes plassering i grøftesnittet varierer fra kommune til kommune.

En undersøkelse i 1973 viste at 80% av kommunene la overvannsledningen nederst. Videre fremgikk det at mindre enn halvparten av kommunene benyttet bestemte grøfteprofiler basert på egen eller NKF-norm.

Ledningsanlegg med flere ledninger i samme grøft utføres altså på forskjellige måter.

Det synes derfor å være behov for en helhetlig analyse av ledningers plassering i grøftesnittet, der tekniske, økonomiske, hygieniske og forurensningsmessige forhold vurderes.

Prosjekt Transport av Vann har tidligere latt gjennomføre to prosjekter:

- Mikrobiologiske forhold i ledningsgrøfter (PTV 22)
- Analyse av separatsystemer (PTV 23).

Program for VAR-teknikk har nå latt gjennomføre et prosjekt vedrørende VA-ledningers innbyrdes plassering i grøft. Prosjektet er finansiert av:

- Program for VAR-teknikk
- Norske Kommuners Sentralforbund
- Oslo Vann- og Avløpsverk.

Arbeidet er utført av siv.ing. Elliot Strømme A/S, med støtte i en prosjektgruppe med representanter fra NTNF, SFT, SIFF, NKS og OVA.

Med hensyn til de hygieniske, forurensningsmessige og driftsmessige forhold, har man i det vesentlige basert seg på de ovennevnte PTV-rapporter.

Foreliggende artikkel redegjør for resultatene av de vurderingene som er utført. Innledningsvis blir hovedkonklusjonene fra de to PTV-rapportene referert.

TIDLIGERE ARBEIDER

Prosjektet mikrobiologiske forhold i ledningsgrøfter hadde til hensikt å avklare hvordan forskjellige tekniske løsninger og driftsforhold kan virke inn på den mikrobiologiske kvaliteten av vann i vannledningsnett.

Arbeidet ble basert på et forsøksanlegg, hvor betydningen av vann- og avløpsledningens innbyrdes plassering, vannledningens tetthet og grøftemassens type, såvel som trykkforholdene i ledningene og grunnvannets (grøftevannets) nivå i grøftene ble variert.

I utgangspunktet visste man lite om ledningsvannets mikrobiologiske kvalitet. Litteratursøk ga ingen referanser til den problemstillingen som prosjektet skulle avklare.

Etter et meget omfattende forsøksprogram som ble gjennomført i løpet av 10 måneder, kunne man trekke konklusjoner som ga grunnlag for følgende tilrådninger:

- Man bør tilstrebe et stabilt driftstrykk på vannledningsnettet.
- Vannledningen bør ligge høyere enn grøftevannstanden.
- Vannledningen bør ligge høyere enn spillvannsledningen, eventuelt i god avstand om de ligger på samme nivå.

Da det ikke finnes vannbehandlingstiltak som gir hygienisk sikkerhet mot forurensning av vannledningsvannet, er det meget viktig at forholdene i ledningsgrøftene vies oppmerksomhet.

Prosjektet analyse av separatsystemer hadde til hensikt å avklare hva som er bakgrunnen for den praksis som følges i Norge ved bygging av separatsystemer for avløpsvann, og om denne praksis er den beste ut fra dagens forhold.

I utgangspunktet visste man at den norske «variant» av separatsystemet vanligvis ikke brukes i andre land. Desuten visste man at overvannsledningens plassering i grøftesnittet kan ha forurensningsmessige konsekvenser.

Prosjektet omfattet altså en analyse av separatsystemet ut fra et forurensningsmessig synspunkt, der overvannsledningens plassering i grøfteprofilen stod i fokus for vurderingene.

Det ble konkludert med at følgende endringer av det «norske» separatsystemet burde vurderes:

- Brannkummer bør være tette. Krav om drenering oppheves. Større bruk av brannhydranter vurderes.

- Drenerende ledning under vannledning forbyes. Vannledning legges mest mulig på fast underlag for å unngå setnings-skader.
- Det utarbeides flere forslag til løsning for oppsamling av overvann, avhengig av befolkningstetthet og lokale forhold i de enkelte kommuner. For tettere villa- og boligblokkstrøk foreslås for eksempel separatsystem med overvannsledning øverst i grøfta.
- Det bør vurderes om vannledning og spillvannsledning i enkelte tilfelle bør legges i hver sin grøft.

GENERELLE FORUTSETNINGER

Analysen omhandler hovedledninger for vann- og avløpsledninger i dimensjonsområdet 150—300 mm. Fellesgrøfter med andre tekniske anlegg er ikke vurdert. VA-ledninger i sentrumsområder i større byer er heller ikke omfattet av analysen.

Vann- og spillvannsledningene er forutsatt lagt frostfritt.

For øvrig er det forutsatt at vannledningene er tetthetsprøvd etter norsk standard og innfrir kravene til tetthet. Det innebærer at vannledningene i realiteten kan lekke. Hvis vannledningene var 100% tette, ville den hygieniske problemstillingen være uinteressant. Det samme gjelder for avløpsledningene. Hvis avløpsledningene var helt tette, ville den forurensningsmessige problemstillingen være uinteressant.

Kostnadsberegningene er basert på generelle enhetspriser for ledningsarbeider. Enhetsprisene tilsvare et midlere prisnivå for hele landet.

De hygieniske vurderingene er basert på prosjektet «Mikrobiologiske forhold i ledningsgrøfter» samt annen aktuell litteratur. Det er videre forutsatt at grøftevannet er bakteriologisk tilfredsstillende når man ikke

har utlekking av spillvann eller forurenset overvann. Krysskobling og tilbakesug via installasjoner er ikke vurdert.

Følgende forhold er lagt til grunn for vurderingene:

- vannledningenes tetthet
- trykkforhold i vannledningene
- grøftevanns-/grunnvannsnivå
- grøftemasse
- ledningenes innbyrdes plassering
- grøftevannets kvalitet
- reparasjoner/driftsavbrudd av vannledninger.

De forureningsmessige vurderingene bygger på prosjektet «Analyse av separat-systemer» og annen aktuell litteratur. Totalt utslipp av forurenning til resipient vil avhenge av:

- utlekking fra spillvannsledninger
- lokal renseeffekt i grunnen
- innlekking i overvannsledninger
- feilkoblinger
- fremmedvanntilførsel til spillvannsledninger.

Disse forholdene danner derfor grunnlaget for de forureningsmessige vurderingene.

VURDERTE UTFØRELSE

I alt er 9 forskjellige ledningsplasseringer vurdert. De forskjellige utførelsene er basert på ledningsplasseringer på ett, to eller tre nivåer, konferer figur 1.

Utførelser med vannledningen plassert lavere enn spillvannsledningen er ikke analysert, da disse løsningene ikke har tekniske, økonomiske, hygieniske eller forureningsmessige fordeler.

VURDERINGER

Vurderingsmetode

De 9 alternative utførelsene er vurdert teknisk, økonomisk, hygienisk og forureningsmessig. For hvert av disse forholdene er det foretatt en poengberegning for de 9 utførelsene. Denne har vært grunnlaget for en rangering, som vil bli referert i det følgende.

Poengberegningen har videre dannet grunnlaget for en klassifisering av de enkelte utførelsene i totalt 4 klasser. Dette er gjort for å kunne foreta en helhetlig sammenlikning av de 9 utførelsene med hensyn på de forhold som er vurdert.

For enkelthets skyld blir i det etterfølgende bare rangeringen for de enkelte utførelsene referert.

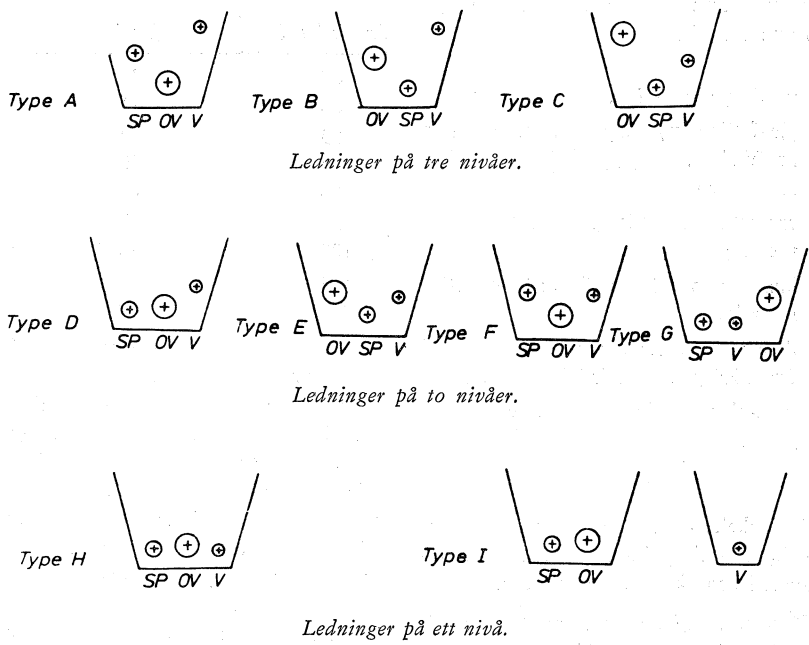
Tekniske forhold

De viktigste tekniske aspekter som er vurdert er:

- anleggstekniske forhold
- kummer og tilknytninger
- drift og vedlikehold
- diverse forhold.

Anleggstekniske forhold omfatter fremdrift, anleggsarbeider, feilkobling og feil anleggsutførelse. Under kummer og tilknytninger er vurdert generell kumutførelse, tilknytninger etc. og bruk av standarddeler. For drift og vedlikehold er adkomst, oppgraving og reparasjon vurdert. Diverse forhold omfatter innarbeidet praksis samt hvorvidt en utførelse kan standardiseres.

Med utgangspunkt i prosjektgruppens samt egne erfaringer og vurderinger ble det lagt størst vekt på drifts- og vedlikeholdsmessige forhold og minst vekt på innarbeidet praksis og standardiseringsmulighetene. Anleggstekniske forhold og kummer og til-



Figur 1. Vurderte ledningsplasseringer.

knytninger ble tillagt mindre vekt enn drift og vedlikehold.

Vurderingen av tekniske forhold resulterte da i følgende prioriterte rekkefølge for de 9 forskjellige utførelsene:

Rekkefølge	Utførelse
1	H
2	A, D
3	I
4	F
5	B
6	E
7	G
8	C

Som det fremgår av figur 1, har utførelse H ledningene på samme plan. Utførelse A

er den «vanlige» norske utførelsen, mens utførelse D har spill- og overvannsledning på samme plan og vannledningen over disse. Utførelse I har separate grøfter for vann- og avløpsledninger. Utførelse B, som er mye brukt i Sverige, ligger på 5. plass.

Økonomiske forhold

Kostnadsberegningene er, som nevnt, basert på priser som tilsvarer et midlere prisnivå for hele landet.

Grøftkostnadene gjelder for grøfter utenfor veg, eventuelt med gjenfylling til underkant bærelag i veg. Minimum bunnbredde er satt til 1,0 m midlere graveskråning 2:1 i løsmasser og 5:1 i fjell.

Enhetsprisene dekker følgende operasjoner og materialer:

- graving, sprengning, massetransport
- gjenfylling m/komprimering, avretting av fundament og gjenfylling over ledningssonen
- rørkostnader, rørlegging og tetthetsprøving
- kummer hver 75 m tilpasset respektive utførelse
- diverse som terrengarbeider, eventuell frostsikring av stikkledninger m.m.
- generalomkostninger, honorarer, avgifter.

De enkelte utførelsene vil innebære forskjellig arbeidsopplegg. Dette er også inkludert i den økonomiske analysen.

Kostnadsberegningene er gjort for to alternative utførelser av stikkledningene:

- frostsikre stikkledninger
- frostisolerte stikkledninger.

Sistnevnte utførelse er basert på frostisolering ut av vei. For øvrig legges hovedledningene ved denne utførelse frostfritt, men grunnere enn når stikkledningene ligger frostsikkert.

Beregningene er videre utført for jord- og fjellgrøfter, og for to forskjellige frostfrie dybder.

Hvis vi forutsetter at det bygges dobbelt så mye grøfter i jord som i fjell, at midlere frostdybde er ca. 2 m, og at halvparten av stikkledningene må frostisoleres, får vi følgende relative kostnader for de 9 utførelsene:

	<i>Relativ kostnad (%)</i>	<i>Utførelse</i>
	86	H
	88	G
	93	D
	94	E
	96	C
	97	F
	100	A, B
	125	I

Den mest vanlige norske utførelsen (A), og den mest brukte svenske løsningen (B) er like dyre, og kostnadene for disse er satt til 100%. Vann- og avløpsledninger i separate grøfter øker kostnaden med 25%. Alle ledninger på samme plan reduserer kostnaden med 14%, spillvanns- og vannledningen på samme plan og overvannsledningen noe høyere (i frostsone), gir 12% besparelse.

Det kan nevnes at hvis man sløyfer overvannsledningen, får man en besparelse på 31 og 33% om vann- og spillvannsledningene ligger på henholdsvis forskjellig og samme plan.

Hygieniske forhold

En vurdering av risikoen for at vannledninger blir forurenset i ledningsgrøfter må bygge på sannsynligheten for at flere hendelser skal inntreffe samtidig. Hvorvidt dette vil skje, vil måtte være gjenstand for en subjektiv vurdering, basert på den erfaring man har med driften av ledningsanlegg samt resultatene av utførte forsøk.

Vurderingen av den hygieniske risiko forbundet med de forskjellige grøfteutførelsene omfatter:

- trykkforhold i vannledningene (overtrykk, nulltrykk, undertrykk)

- grøftevannstand (nivå over øverste og under laveste ledning, samt fluktuerende nivå)
- reparasjoner og driftsavbrudd.

Det er ikke tatt standpunkt til i hvilken grad spillvann inneholder patogene mikroorganismer. Vurderingen av de hygieniske forhold er basert på at forurensning av vannledningsvann med spillvann er en uønsket hendelse, på grunn av den hygieniske risiko dette medfører.

I en grøfts lengderetning kan grøftevannstanden være forskjellig. Dette kan medføre at vannledningen ett sted ligger over, et annet sted under grøftevannet. I den anvendte betraktningmåte er det tatt hensyn til dette ved at man for hver av de 9 grøfteutførelsene har vurdert den hygieniske risiko ved forskjellig trykkforhold og grøftevannstand.

Med utgangspunkt i prosjektgruppens og egne erfaringer og vurderinger ble den hygieniske risiko knyttet til vannledninger med undertrykk vurdert som større enn for trykkløse ledninger. Risikoen knyttet til reparasjoner/driftsavbrudd av vannledningen inntok en mellomstilling. Minst risiko er forbundet med overtrykk på vannledningen.

Vurderingen av de hygieniske forhold, resulterte i følgende prioriterte rekkefølge for de 9 forskjellige utførelsene:

Rekkefølge	Utførelse
1	I
2	B
3	A, D
4	E
5	C
6	F
7	H
8	G

Vann- og spillvannsledning i adskilte grøfter (utførelse I) er den hygienisk beste løsningen. Vann- og spillvannsledning på samme nivå (utførelse F, G og H) gir hygienisk sett de dårligste løsningene. Utførelsene med vannledningen høyere enn spillvannsledningen (utførelse A, B, C, D og E) representerer hygienisk sett en mellomløsning.

Vann- og spillvannsledning i adskilte grøfter er i hygienisk henseende i en særklasse bare så lenge grøftevannet i vannledningsgrøften ikke er bakteriologisk forurenset.

Det er liten forskjell på utførelsene A, B, C, D og E hva angår risiko for kontaminering av vannledningsvannet når vannledningen er trykkløs og ved undertrykk. Ved reparasjoner/driftsavbrudd er det noe større forskjell på utførelsene. Minst risiko er det for utførelsene A, B og D.

Tilsvarende gjelder for utførelsene F, G og H. Ved reparasjoner/driftsavbrudd er det minst risiko for utførelse F.

Forskjellen mellom utførelsene A, B, C, D, E og F, G, H er markert både for vannledning som er trykkløs og har undertrykk. Ved reparasjoner/driftsavbrudd er den hygieniske risikoen minst for utførelsene A, B og D, dernest E, så C og F. Utførelse G og H er mest risikofylt.

Forurensningsmessige forhold

Den forurensningsmessige vurdering tar utgangspunkt i økt tilførsel av forurenninger til resipienten, enten på grunn av spillvannsforurensning av overvannet, eller økt fremmedvanntilførsel til spillvannet som medfører redusert renseseffekt på rensanlegget, eventuelt økning i vannmengden som går urensert i overløp til resipienten.

Vurderingen av de forurensningsmessige forhold for de forskjellige grøfteutførelsene omfatter:

- forurensning av overvann på grunn av:
 - lekkasjer
 - feilkoblinger (tilfeldige og bevisste)
 - mangelfulle tiltak ved skadeutbedring av spillvannsledninger,
- økt vannføring til renseanlegg på grunn av:
 - innlekking
 - feilkobling.

Spillvannsforurensning av overvann er spesielt uttalt når spillvannsledningen har store lekkasjer og overvannsledningen er utett og ligger lavere enn spillvannsledningen.

Utslipp av spillvann til overvannsledning ved skadeutbedring og feilkoblinger vurderes å skje hyppigere når overvannsledningen ligger lavere enn spillvannsledningen, enn omvendt.

Fremmedvanntilførsel til spillvann på grunn av innlekking av grøftevann vil være mest uttalt når spillvannsledningen ligger lavest i grøftetverrsnittet. Overvannsledning lavere enn spillvannsledning er gunstigst, fordi overvannsledningen bidrar til en bedre drenering av grøften enn ved andre plasseringer.

Bevisst feilkobling av husedrenasje til spillvannsledning skjer ofte når det er problemer med husedrenasje og spillvannsledningen ligger lavest i grøften.

Basert på prosjektgruppens og egne erfaringer og vurderinger ble forhold som bidrar til å redusere spillvannsforurensning av overvann tillagt større vekt enn forhold som vil bidra til å redusere fremmedvanntilførselen.

Vurderingen av de forurensningsmessige forhold resulterte da i følgende prioriterte rekkefølge for de 9 forskjellige utførelsene:

<i>Rekkefølge</i>	<i>Utførelse</i>
1	B, C, E
2	G
3	H, I
4	D
5	A, F

Utførelser hvor spillvannsledningen ligger lavere enn overvannsledningen er forurensningsmessig den gunstigste løsningen (utførelse B, C, E og G). Utførelser med omvendt plassering gir den dårligste løsningen (A og F). Ligger avløpsledningene på samme plan, kommer utførelsene i en mellomstilling (D, H og I).

Utførelsene B, C og E er likeverdige med hensyn til forurensning av overvann og fremmedvanntilførsel til spillvann. De er best av samtlige utførelser med hensyn til forurensning av overvann, og sammen med utførelse G dårligst med hensyn til fremmedvanntilførsel.

Utførelse G er noe bedre enn D, H og I med hensyn til forurensning av overvann og bare ubetydelig dårligere enn B, C og E i denne henseende. Utførelse G er imidlertid dårligere enn utførelsene D, H og I med hensyn til fremmedvanntilførsel.

Utførelse A og F er dårligst av samtlige utførelser med hensyn til forurensning av overvann, men best med hensyn til fremmedvanntilførsel.

SAMLET VURDERING

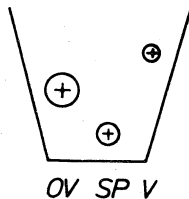
I figur 2 er vist en samlet oppstilling av klassifisering av de enkelte utførelsene.

Vurderte utførelser	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Vurderte forhold									
Teknisk	4	4	1	4	3	4	2	4	4
Økonomisk	100	100	96	93	94	97	88	86	125
Hygienisk	3	4	3	3	3	2	1	1	4
Forurensningsmessig	2	4	4	3	4	2	3-4	3	3

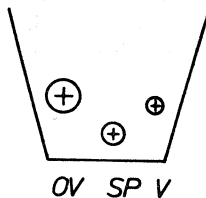
Figur 2. Sammenstilling av vurderinger basert på klassifisering fra 1—4. 1 er dårligst, 4 er best. For de økonomiske forhold er angitt relative kostnader.

Ut fra en samlet vurdering av tekniske, økonomiske, hygieniske og forurensningsmessige forhold, synes det som de to utførelsene som er vist i figur 3 (utførelse B og E) normalt er å foretrekke.

Avhengig av lokale forhold *kan* imidlertid også andre ledningsplasseringer være aktuelle. Dette gjelder for eksempel utførelse D og H.



Ledninger på tre nivåer.



Ledninger på to nivåer.

Figur 3. anbefalte ledningsplasseringer.

REFERANSER

- Norsk Standard 3420. Beskrivelsestekster for bygg og anlegg.
- Norsk Kommunalteknisk Forening. Typetegninger for vann og avløp. NKF-norm nr. 10.
- Statens Forurensningstilsyn. Retningslinjer og veiledning ved valg av avløpssystemer. TA 518, Oslo 1977.
- Statens Forurensningstilsyn. Retningslinjer for prosjektering, utførelse og kontroll av ledningsanlegg for avløpsvann. TA 523, Oslo 1979.
- Statens Forurensningstilsyn. Veiledning ved bygging av ledningsanlegg for avløpsvann. TA 570, Oslo 1982.
- Statens Forurensningstilsyn. Drift av transportsystemer for avløpsvann. SFT-rapport nr. 42, Oslo 1982.
- Vråle, L. Litteraturstudier fra NKF's årsrapporter. Utvalg for VAR-teknikk 1983.
- Arbeidstilsynet. Veiledning: Graving og avstiving av grøfter (1978) med vedlegg (1979). Bestillingsnr. 151. (Under revisjon).
- Lindholm, O. Forurensninger i overvann. PRA brukerrapport nr. 7, 1977.
- Bøyum, Å. m.fl. Legging av avløpsledninger. PRA brukerrapport nr. 25, Oslo 1978.
- Prosjekt transport av vann. Grunne ledninger. PTV 18, NBI 1981.
- Prosjekt transport av vann. Mikrobiologiske forhold i ledningsgrøfter. PTV 22, Sivling. Elliot Strømme A/S 1983.
- Prosjekt transport av vann. Analyse av separatsystemer. PTV 23, NIVA 1983.
- Prosjekt transport av vann. Funksjonsvurdering av VÅkummer. PTV 27, 1984.
- Sosialdepartementet. Normer for kommunale helseforskrifter 1957 kap. 3.
- AWWA Distribution Committee. Prevention of Ground Water Backflow into Distribution Systems. Committee Report, AWWA 96th Annual Conference Proceedings, Vol 1, New Orleans, June, 1976.